O USO DO SIG NA GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA: APTIDÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO NO MUNICÍPIO DE PRESIDENTE PRUDENTE - SP

Rodrigo Hiroshi KAIDA [1]
Tiago Matsuo SAMIZAVA [2]
João Osvaldo Rodrigues NUNES[3]
Nilton Nobuhiro IMAI[4]
Encarnita Salas MARTIN[5]

RESUMO

A problemática da disposição final dos resíduos sólidos urbanos vem sendo motivo de grande preocupação para as administrações municipais. Nesse contexto, a disposição dos resíduos domiciliares em aterros sanitários apresenta-se como uma alternativa economicamente e ambientalmente viável, ao passo que se minimizam os impactos ambientais decorrentes da poluição do ar, do solo e das águas provocadas pela má deposição dos resíduos sólidos. No entanto, além de projetos técnicos apropriados, os aterros devem ser instalados em locais que possuam condições ambientais favoráveis. É sob esta ótica que o presente trabalho se apresenta, que é estimar o grau de aptidão de áreas do município de Presidente Prudente para instalação de aterros sanitários. Para tanto, utiliza-se o geoprocessamento, através de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para realizar o tratamento, manipulação e análise dos dados, dando condições de analisar uma grande variedade de informações de maneira eficiente. As áreas de estudo se localizam na Bacia do Córrego São João, sendo este o local escolhido pela atual gestão municipal (2005-2008) para construção de um aterro sanitário, e no Distrito Industrial, sendo este local a área pleiteada para implantação de aterro sanitário na gestão de 1997-2000, porém vetadas por razões de ordem econômicas e políticas. Para a realização do zoneamento de aptidão da área foram necessários a elaboração e utilização de mapas temáticos (geomorfológico, pedológico/geológico, hidrogeológico, uso e cobertura do solo), integrando com parâmetros sociais, econômicos e legais. Foram utilizadas funções de pertinência *fuzzy* para a padronização das variáveis e, o método AHP (Analytical Hierarchy Process ou Processo Analítico Hierárquico) para atribuição dos respectivos pesos.

INTRODUÇÃO

Historicamente, o homem tem produzido novos bens materiais a fim de proporcionar uma melhor qualidade de vida e conforto a sociedade. Em contrapartida, avanços econômicos, tecnológicos propiciaram cada vez mais a produção desses bens, transformando-se no que se denomina a “sociedade do consumo e desperdício”. A geração dos resíduos sólidos torna-se inevitável e o seu gerenciamento é palco de grandes discussões e preocupações mundiais.

A adoção de soluções inadequadas para o problema de disposição do lixo faz com que passam a existir efeitos indesejáveis no ambiente, como os riscos de contaminação do solo, do ar e da água. Ainda, associa-se a má deposição dos resíduos a proliferação de micro e

[1] FCT da UNESP, Graduando em Engenharia Ambiental, bolsista CNPq/PIBIC, rodrigohk@gmail.com.
[2] FCT da UNESP, Graduando em Engenharia Ambiental, bolsista FAPESP, tiagosamizava@yahoo.com.br.
[3] FCT da UNESP, Prof. Dr. do Departamento de Geografia, joaosvaldo@prudente.unesp.br.
[4] FCT da UNESP, Prof. Dr. do Departamento de Cartografia, nnimai@prudente.unesp.br.
[5] FCT da UNESP, Profa. Dra. do Dep. de Planejamento, Urbanismo e Ambiente, encarnita@prudente.unesp.br.

macro vetores, que podem causar doenças, e principalmente a presença e exposição de catadores a vários tipos de riscos.

Nesse contexto, uma forma viável para a solução do problema da disposição dos resíduos sólidos é a construção de aterro sanitário, que vem atender perfeitamente as necessidades de proteção ambiental, de saneamento e saúde pública. Porém, a tarefa de seleção de áreas para a construção de aterros sanitários, torna-se complexas frente às crescentes pressões ambientais e intervenções da sociedade, o que faz com que a legislação seja aplicada com maior rigor.

A seleção de áreas para implantação de aterros sanitários deve contemplar o estudo do ambiente físico, respeitando as normas técnicas, e a legislação ambiental. Deve-se, então, adotar critérios de avaliação, ambientais e socioeconômicos, considerando diversos atributos que inferem na escolha das melhores áreas para a implantação de aterro sanitário.

Nesse sentido, o processo de tomada de decisão na escolha de áreas aptas para implantação de aterro sanitário é de natureza multicriterial, isto é, a análise das diversas variáveis, dentre alternativas e cenárias possíveis, com o propósito de apontar melhores níveis de adequação ou suscetibilidade de áreas para implantação de aterros sanitários.

A avaliação da aptidão de locais para instalação de aterros sanitários constitui-se, dessa forma, num complexo processo de análise, envolvendo conhecimentos multidisciplinares, nas áreas de geologia, geomorfologia, pedologia, hidrologia/hidrogeologia, climatologia, etc. Os aspectos sociais, econômicos e políticos, também, devem ser considerados no processo de análise.

O uso de ferramentas do geoprocessamento, como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), auxilia na análise dos dados, fornecendo de maneira eficiente e integrada a manipulação de informações, tornando o processo mais ágil e reduzindo a subjetividade na tomada de decisão.

Nesse contexto, este trabalho apresenta a metodologia que foi utilizada na avaliação da aptidão de duas áreas no município de Presidente Prudente para implantação de aterro sanitário. Utilizando-se, para tanto, a aplicação de ferramentas de análise multicritériais (*Analytic Hierarchy Process*) e métodos de inferência nebulosa (*fuzzy*), em ambiente SIG.

Uma das áreas de estudo se localiza no setor oeste da malha urbana do município, mais especificamente na Microbacia do Córrego São João, próximo da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Esse local foi escolhido pela atual administração municipal (2005-2008) para construção do aterro sanitário de Presidente Prudente.

A outra área de estudo, situa-se na zona leste da cidade, próxima à zona do Distrito Industrial. Nesse local, encontra-se a atual área de deposição de resíduos sólidos domiciliares e a área pleiteada pela gestão municipal 1997-2000 para construção de um aterro sanitário. Porém, esta última área, foi vetada para a construção do aterro sanitário por questões de ordem econômica e política, não sendo o foco deste trabalho aborda-los. Atualmente, o depósito de resíduos sólidos domiciliares apresenta-se como um lixão a céu aberto, trazendo, por conseqüência, a poluição das águas (superficiais e subterrâneas), do solo e do ar.

MÉTODO

Este trabalho abrangeu grande levantamento de informações relevantes aos aspectos físicos e legais que subsidiaram a sua realização. Posteriormente, estas informações são espacializadas dentro de um banco de dados georreferenciados.

Foi necessário, para tanto, a normalização destes critérios dentro de um espaço contínuo de classificação atráves do uso de funções de pertinência *fuzzy*, e a ponderação de pesos para cada critério através do método AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

A agregação dos critérios é feita com a técnica Weighted Linear Combination (WLC), resultando no mapa de aptidão das áreas em receberem aterro sanitário.

A abordagem detalhada dos procedimentos, bem como os materiais utilizados, são descritos a seguir.

LEVANTAMENTO DAS INFORMAÇÕES

Após uma ampla revisão bibliográfica foram levantadas todas as informações relevantes para a realização do trabalho, bem como o inventário do material cartográfico básico:

- Mapa planoaltimétrico, na escala 1:10.000;

- Mapa da rede viária, hidrográfica, na escala 1:10.000;

- Mapa das Características das Rochas e Solos (GODOY, 1989), na escala de 1:25.000;

- Mapa de Profundidade do Lençol Freático (GODOY, 1989), na escala de 1:25.000.

- Mapa geomorfológico (NUNES, 2002), na escala de 1:25.000.

LEVANTAMENTO E ANÁLISE PRELIMINAR DOS CRITÉRIOS

Os critérios aqui levantados se deram após uma revisão bibliográfica aprofundada, a fim de que fossem escolhidos os critérios ambientais e socioeconômicos que transmitam o mais próximo possível o mundo real, com os dados disponíveis para este fim.

Geomorfologia

O fator geomorfologia ocorreu através da elaboração do mapa geomorfológico na escala 1:25.000, utilizando-se apenas a compartimentação geomofológica como atributo de integração nas análises em SIG. Os compartimentos podem ser classificados em três classes: topos suavemente ondulado, normalmente associados aos solos mais profundos (Latossolos); domínio das vertentes, que dependendo da declividade encontram-se solos mais rasos ou mais profundos (Neossolos e Argissolos); e por fim, a planície aluvial e alvéolos, onde estão associados aos locais alagadiços e constantemente úmidos.

Declividade

A declividade representa o grau em porcentagem de inclinação do terreno, sendo intimamente ligado com a velocidade do escoamento superficial das águas e do provável escoamento subsuperfícial do chorume provenientes de aterros. Portanto, quanto menos acentuado forem as declividades, melhores são as áreas para construção de aterro sanitário.

Características dos solos e rochas

Baseado do trabalho de Godoy (1989) as características dos solos e rochas são analisados sob a ótica geotécnica, na qual podem ser dividas em três classes: Solos aluviais, Solos rasos escaváveis e Depósitos cenozóicos de topos e encostas.

Os chamados solos aluviais, geralmente estão associados aos tipos de solos aluviais ou hidromórficos, que estão constantemente alagados e muito úmidos. O solo raso escavável associa-se aos argissolos e neossolos, que são solos com profundidade média, muito comum em encostas mais íngremes no município de Presidente Prudente. E, por fim, os Depósitos cenozóicos de topos e encostas, que podem estar associados aos latossolos, que são solos mais profundos (bastante intemperisados), normalmente encontrados nas áreas mais elevadas, sendo considerados melhores para escavações e cortes.

Profundidade do nível d'água

A profundidade do lençol freático é outro parâmetro importante para avaliação de áreas para instalação de aterro sanitário, uma vez que o chorume produzido pelos resíduos pode extravasar a barreira de proteção (Geomembranas), causando a poluição e contaminação das águas subterrâneas e, por conseguinte, ocasionando moléstias a saúde humana. Nesse contexto, quanto maior for à profundidade do lençol freático, melhor será a área para instalação de aterro sanitário.

O mapa de profundidade do lençol freático, também foi retirado de Godoy (1989), na qual o autor define 3 classes de profundidade: de 0 a 2, de 2 a 5, e maiores que 5 metros.

Distância dos cursos d'água

Uma das variáveis importantes na avaliação da área para disposição de resíduos sólidos é a distância mínima dos cursos d'água. Assim como a profundidade do nível de água, quanto mais distantes os empreendimentos poluidores estiverem dos corpos d'água, caso de aterros, mais adequadas são para instalação dos mesmos. Jardim et al (1995) e o manual da CETESB (1997) apresentam esta distância como sendo, no mínimo, 200 m, enquanto que Mota (2003) propõe um valor mínimo de até 500 m.

Distância da rede viária

Este fator também é importante, ao passo que mostra se a área tem uma boa infra-estrutura, além da disponibilidade de rede de energia elétrica. Quanto mais próximo da rede viária melhor para a instalação de aterros. Porém a partir de uma determinada distancia esta variável começa a se tornar um fator negativo, devido ao custo do transporte dos resíduos tornar-se inviável economicamente.

Distância de áreas urbanizadas

Distâncias de áreas urbanizadas é também um aspecto que deve ser levado em conta. O mau cheiro, a proliferação de insetos e roedores, poluição sonora provocadas pela intensa veiculação dos caminhões de lixo, podem trazer danos à saúde humana e, portanto, deve existir uma distância mínima entre espaços urbanizados e o aterro sanitário. Monteiro et al (2001) defende este valor como sendo de no mínimo de 1000 m, enquanto que o Jardim et al (1995) e o manual da CETESB (1997) recomendam um valor mínimo de 2000 m.

ELABORAÇÃO DAS CARTAS TEMÁTICAS

As cartas temáticas dos aspectos físicos e socioeconômicos foram elaboradas e produzidas a partir da interpretação de fotografias aéreas, ortofotos e através da base digital planoaltimétrica do município de Presidente Prudente. Todas as cartas elaboradas foram digitalizadas, vetorizadas e georreferenciadas, a fim de comporem o banco de dados geográficos do SIG.

A carta geomorfológica foi elaborada a partir de fotografias aéreas do ano de 1995, escala 1:25.000, e atualizadas a partir de ortofotos do ano de 2003 na escala de 1:15.000. As cartas de profundidade do nível de água e características dos solos e rochas foram compiladas de Godoy (1989), ambas na escala 1:25.000, obtidas de forma analógica, na qual foram digitalizadas através de um *scanner* de resolução de 600 dpi, e vetorizadas, para posterior georreferenciamento.

As cartas de distâncias (cursos d'água, rede viária, malha urbana) foram produzidas a partir da base planoaltimética digital, na escala 1:10.000. A carta de declividades foi produzida a partir de pontos cotados e de cotas altimétricas com eqüidistância de 10 metros.

TRABALHOS DE CAMPO

Os trabalhos de campo são de extrema importância para a averiguação *in loco* da real situação do meio físico das áreas. Pôde-se coletar informações, checar e atualizar dados que não puderam ser obtidos através dos mapeamentos temáticos. Ambas as áreas foram percorridas e avaliadas, uma vez que a pequena extensão viabiliza o processo.

Além do mais, as saídas de campo foram importantes na análise da eficiência da metodologia de análise espacial aplicada em ambiente SIG.

PADRONIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS POR FUNÇÕES DE PERTINÊNCIA *FUZZY*

A lógica *fuzzy* ou lógica nebulosa, objetiva modelar, de modo aproximado, o raciocínio humano, manipulando informações em um ambiente de incerteza e imprecisão, fornecendo uma resposta aproximada para uma questão baseada em conhecimento inexato, incompleto ou que não é totalmente confiável (BÖNISCH et al, 2004). A utilização de um conjunto *fuzzy* é indicada sempre que se tiver que lidar com ambigüidade, abstração e ambivalência em modelos matemáticos ou conceituais de fenômenos empíricos (BURROUGH; MACDONNELL, 1998 apud CÂMARA et al, 2004).

Dessa forma, para a padronização das variáveis foi utilizado o método de classificação contínua dos dados, através da lógica *fuzzy*. Esta padronização para uma única base de mensuração foi realizada com o auxilio de funções de pertinência *fuzzy*, disponíveis no software *Idrisi©*. A conversão para uma única base de mensuração é necessária para padronizar todas as unidades dos mapas, atribuindo-lhe uma escala em comum, que dão possibilidade de agregação num mapa síntese final de aptidão para instalação de aterros sanitários. Esse intervalo de padronização é de um byte (0-255).

Para dados qualitativos nominais, ou temáticos, utilizou-se operações de transformações (unárias) através da reclassificação, atribuindo-se o valor de uma classe nominal para um ordinal com base numa ordem associada com o potencial para instalar aterro sanitário.

A seguir aborda-se cada variável com sua respectiva padronização.

Geomorfologia

Para a variável geomorfologia, como já foi mencionada, as classes nominal foram ordenadas, através da rotina *Reclass* do Idrisi, para posterior padronização através de uma função de pertinência *fuzzy*. Atribuiu-se o valor numérico "255" para os topos por se tratarem dos melhores locais para a instalação de aterro. Valor "0" para a planície aluvial e alvéolos por se tratarem de locais muito úmidos e constantemente encontrarem-se afloramentos d'água. Desta forma, atribuiu-se um valor "150" para as vertentes, sendo que, somente associado à declividade se poderá indicar o grau de aptidão da área para construção de aterro. Desta forma, a escala de medida nominal ordinal foi padronizada por uma função empírica, também no intervalo de 0-255.

Características dos solos e rochas

Da mesma maneira que a geomorfologia, as classes foram ordenadas para posteriormente serem padronizadas por uma função de pertinência *fuzzy* empírica. Para a classe Depósitos cenozóicos de topos e encostas atribuiu-se valor 255, para classe Solos escaváveis valor 150 e para Solos aluviais foi atribuído valor 0.

Declividade

De acordo com o manual da CETESB (1997), aterros sanitários devem ser construídos para intervalos de declividade de até 10%. Desta forma, a padronização desta variável se deu pela utilização da função *sigmoidal* decrescente (Figura 1), na qual os pontos de controle "a" com declividade de 10% assume valor máximo na saída e "b" com declividade de 20% assume o valor de potencial nulo para instalação de aterro sanitário.

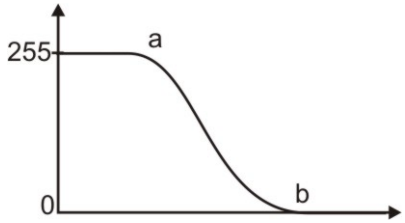

Figura 1. Função sigmoidal decrescente.

Profundidade do nível d'água

A informação profundidade do nível de água também foi transformada para a escala padrão, atribuindo-se o valor 0 para a classe 0-2 m, 150 para a classe 2-5 m, e 255 para a classe >5 m.

Distâncias dos cursos d'água

Deve ser mantida uma distância mínima dos cursos d'água, que de acordo com o manual da CETESB (1997) este valor é 200 m. Dessa forma, utilizou-se a função linear crescente (Figura 2) para padronização na escala de medida adotada. Os pontos de controle "a" foi de 200 m e "b" 500 m. Infere-se valor "0" para < 200 m e "255" para > 500m.

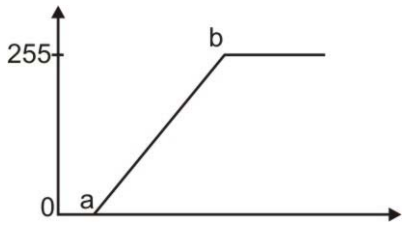

Figura 2. Função linear crescente.

Distâncias da rede viária

Utilizou-se a função *sigmoidal* simétrica (Figura 3) para a padronização dos valores. Sendo que os pontos de controle adotados foram, para "a" 0 m, na qual foi atribuído o valor nulo por estar na própria estrada, "b" para locais a 200 m de uma estrada onde se atribuiu 255 por estar numa distância que não prejudica os usuários dessa estrada e não se encontra a uma distância que aumente demais os custos de implantação e utilização do aterro, mantendo-se constante até "c", distante 500 m das estradas, ainda com valor 255, e por fim o ponto de controle "d" sendo 1000 m distante das estradas, o qual pode ser considerado como uma distância máxima aceitável, pois a partir daí se inviabiliza economicamente a implantação do aterro sanitário. Dessa forma, o comportamento da função é uma *sigmoidal* simétrica, aonde se tem valor crescente da distância 0 até 200 m, a partir de 200 m a função se comporta constante até 500 m (com valor máximo 255), e por fim, de 500 m decresce até os 1000 m, assumindo valor nulo.

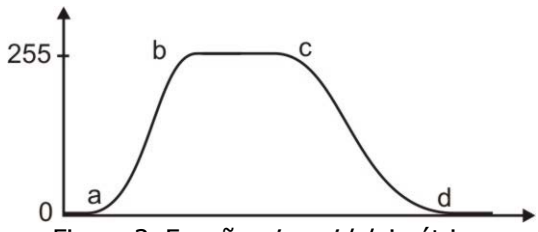

Figura 3. Função *sigmoidal* simétrica.

Distâncias de áreas urbanizadas

Utilizou-se uma função linear crescente (Figura 2) para a padronização desta variável na escala de mensuração padrão, na qual os pontos de controle adotados foram, "a" 1000 m onde se atribui valor 0, por se tratar de acordo com Monteiro et al (2001) uma distância mínima de centros urbanizados, e "b" 2000 m, assumindo valores máximos 255, por acreditar que a partir dessa distância o aterro sanitário não causa nenhum impacto em áreas urbanizadas.

PONDERAÇÃO DAS VARIÁVEIS POR *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS* (AHP)

Após a padronização de cada unidade temática dos mapas é necessário atribuir peso (ponderar) às variáveis para obter a média ponderada das variáveis consideradas fundamentais na avaliação do potencial do terreno para instalação de aterro sanitário. Nesse sentido, utilizou-se a avaliação multicritério, também conhecido como método AHP proposta por Saaty (1990, 2003). Nesse método, o peso final é avaliado através de comparação par-a-par de cada variável, reduzindo a subjetividade na tomada de decisão.

Nessa técnica, as variáveis que influenciam na tomada de decisão são comparadas dois a dois, sendo definido um critério de importância relativa entre os fatores. Esses fatores são pontuados de acordo com uma escala pré-definida, de 1 a 9, sendo que o valor 1 corresponde importância idêntica entre dois fatores e, o valor 9 é atribuído a um fator infinitamente mais importante que o outro.

Primeiramente é elaborada uma relação de importância relativa entre os fatores que influenciam na tomada de decisão, de acordo com a Tabela 1. Essa relação é utilizada como dado de entrada em uma matriz quadrada de comparação pareada, na qual são calculados os autovalores e autovetores da matriz. Os pesos da cada membro *fuzzy,* equivalem aos autovetores da matriz de comparação pareada (Tabela 2).

Tabela 1. Matriz de comparação pareada das variáveis.

	Geomorfologia	Solos/ geologia	Prof. Nível d'água	Declividade	Dist. Cursos d'água	Dist. rede viária	Dist. área urbana
Geomorfologia	1						
Solos/geologia	1/2	1					
Prof. Nível d'água	1	1	1				
Declividade	2	4	1/2	1			
Dist. Cursos d'água	2	3	1	1	1		
Dist. rede viária	1/4	1/2	1/3	1/5	1/5	1	
Dist. Área urbana	1/2	1	1	½	1/3	3	1

Tabela 2. Pesos finais das variáveis obtidos através da matriz de comparação pareada.

Variável	Peso
Geomorfologia	0,1477
Solos/geologia	0,0765
Prof. Nível d'água	0,2079
Declividade	0,2116
Dist. Cursos d'água	0,2275
Dist. rede viária	0,0394
Dist. malha urbana	0,0894

Dessa forma, após a obtenção dos pesos, eles foram aplicados às variáveis padronizadas em intervalo de conjuntos *fuzzy* produzindo o mapa síntese final de aptidão das áreas para instalação de aterros sanitários (Figura 4 e Figura 5). Para tanto, foi utilizada a função de agregação de atributos WLC, executada pela rotina do Idrisi, MCE (*Multi Criteria Evaluation*).

Esta técnica de agregação de critérios consiste na multiplicação de cada variável em cada célula da matriz pelo seu respectivo peso, criando o mapa final de aptidão pela adição dos resultados. Ela tem por característica a possibilidade de compensação entre fatores, possibilitando que a baixa aptidão de um fator seja compensada pelo conjunto de outros fatores com alta aptidão.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Convém mencionar que a pesquisa ainda se encontra em andamento. Dessa forma, os resultados obtidos constituem os primeiros ensaios na busca de melhores cenários possíveis para avaliação da aptidão de áreas para instalação de aterros sanitários.

Em comum acordo com Câmara et al (2004), na qual experiências metodológicas demonstram que o uso de métodos de análise quantitativa (técnicas como classificação contínua e geoestatística) produz melhores resultados quanto à precisão e flexibilidade do que os métodos qualitativos (como a análise booleana). Desta forma, a metodologia de análise espacial adotada apresentou resultados que deverão ser avaliados quanto à confiabilidade e eficiência.

Uma questão muito importante, quando se trata de utilização de ferramentas computacionais para análises espaciais e ambientais, é a avaliação da eficiência do método. A verificação da eficiência no presente caso foi a constatação *in loco*, ou seja, a averiguação da informação produzida no computador com o mundo real, verificado em trabalhos de campo.

No caso da área da área do setor oeste (Figura 4) verifica-se que as melhores áreas encontram-se nos locais de topografia mais elevada, muito condizentes com os compartimentos dos topos, aonde são encontrados os solos mais profundos e declividades menos acentuadas.

Quanto ao local escolhido para construção do novo aterro sanitário do município pode-se colocar que os resultados obtidos indicam a ocorrência de regiões com algumas restrições. As áreas em amarelo não são apropriadas para a finalidade, uma vez que se notam afloramentos do nível d'água e nota-se alguns pontos de declividade elevada (> 20%).

Os locais representados em verde mais escuro, próximo aos limites extremos do aterro, realmente configuram locais adequados para escavações e disposição de resíduos sólidos, entretanto, são áreas de pequena extensão territorial. Por conseguinte, eliminando os locais indicados pelo mapa como de baixa aptidão, as áreas adequadas do aterro sanitário são de dimensão muito reduzidas.

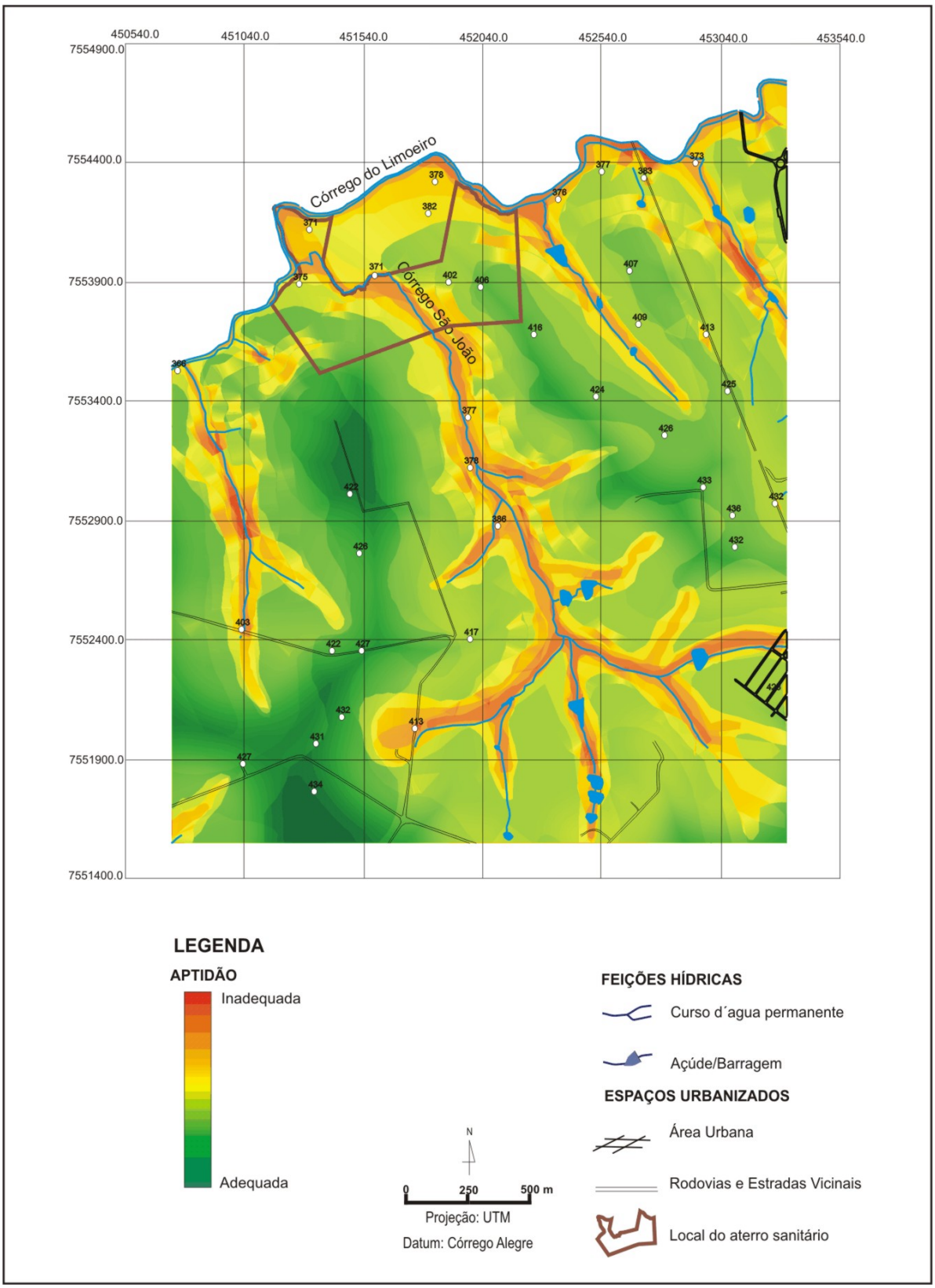

Figura 4. Mapa de aptidão para instalação de aterro sanitário do setor oeste (bacia do Córrego do São João) de Presidente Prudente – SP.

Quanto à área ao leste (Figura 5), a do distrito industrial, as melhores áreas também se encontram em locais de topos estruturais, nas quais se encontram menores declividades e solos mais profundos.

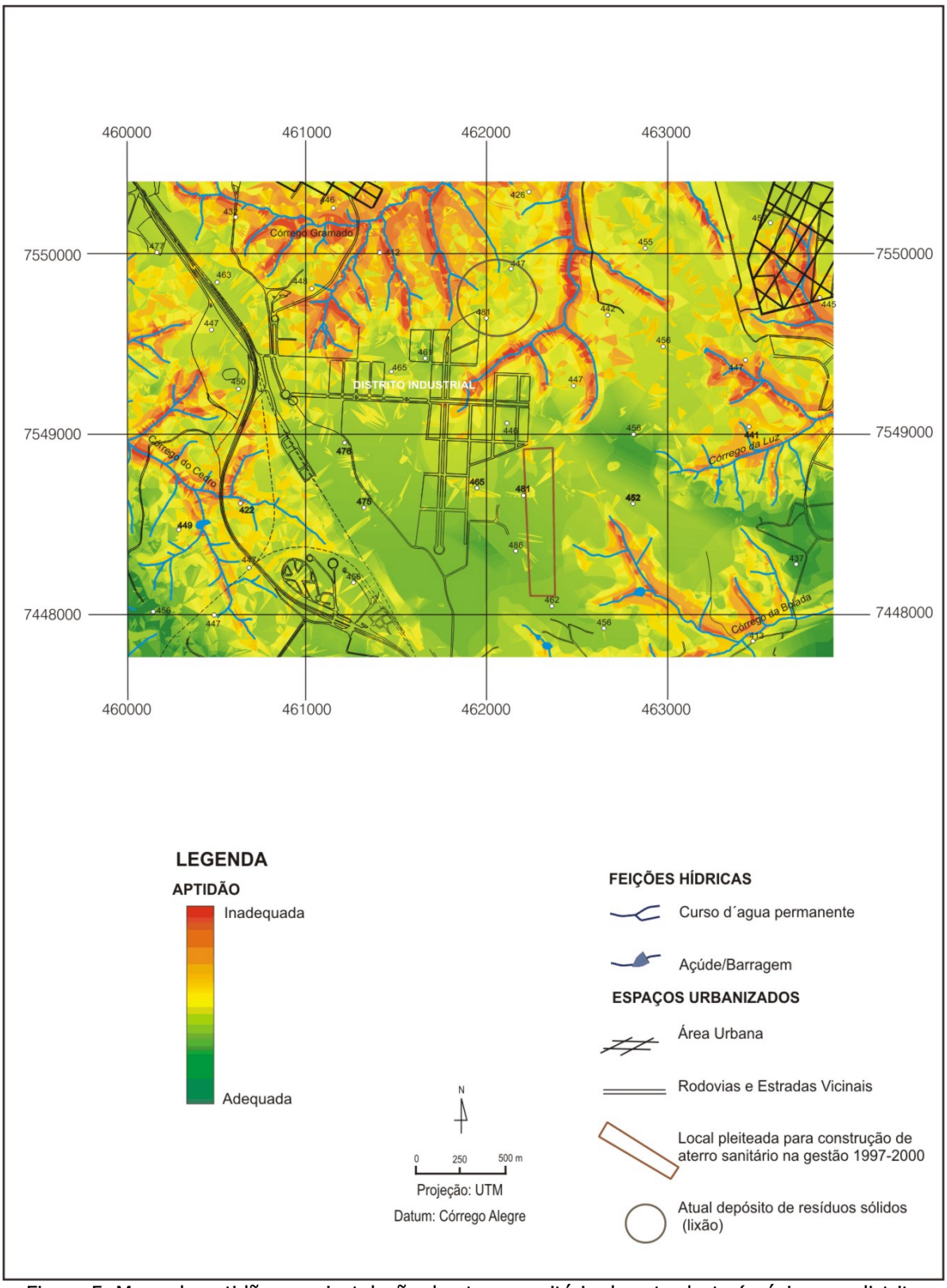

Figura 5. Mapa de aptidão para instalação de aterro sanitário do setor leste (próxima ao distrito industrial) de Presidente Prudente – SP.

O atual local de deposição dos resíduos sólidos domiciliares do município foi indicado, ainda na Figura 5, como uma área de média-baixa aptidão para a disposição destes. Essa situação foi comprovada pelos trabalhos de campo, onde se verificou a poluição dos recursos naturais (das águas superficiais e subterrâneas, do solo e ar), e o soterramento de algumas nascentes, por estar muito próximo dos cursos d'água.

Para o grau de inconsistencia da matriz de comparação pareada foi calculado um valor de 0,0707, indicando a consistencia da matriz, já que, de acordo com Saaty (1990), admite-se um valor máximo de 10%. Destaca-se, que o grau de inconsistência encontrado indica a consistência da matriz, não necessariamente a aderência à realidade. Porém, é importante um conhecimento empírico do usuário de forma que subsidie a atribuição de valores de importância relativa entre as variáveis, o que determina a aderência do método mais próximo possível à realidade.

Nesse sentido, convém mencionar que os trabalhos em campo, associadas ao conhecimento empírico, auxiliam na minimização da subjetividade inerente ao processo de análise hierárquica, produzindo informações coerentes para sua aplicação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho, através do uso de Sistemas de Informação Geográfica, demonstra a importância da utilização de técnicas de geoprocessamento no processo de seleção de locais apropriados para implantação de aterro sanitário, em duas áreas no município de Presidente Prudente.

Os resultados obtidos apontam grande potencial deste instrumento em análises geográficas aplicadas, entretanto, ressalta-se que a sua utilização não substitui a capacidade de análise empíricas de profissionais especializados e da constatação *in loco* da real situação das áreas estudadas.

Outro ponto a ser mencionado é que o uso das variáveis e méodos de análise espacial não se restringem às utilizadas no presente trabalho. A flexibilidade do modelo de dados geográficos abre, ainda, um leque de outras possibilidades de representação de cenários ambientais.

A utilização de funções de pertinência *fuzzy* para padronização das variáveis mantém toda a variação contínua do espaço em graus de potencialidade de adequação e suscetibilidade do meio físico. Aliado ao processo de análise hierárquica multicriterial (AHP) propicia e subsidia maiores alternativas de cenários para análise geográfica.

Por fim, o presente trabalho pode fornecer, a entidades com poder decisório (prefeitura, órgãos, empresas de gestão de resíduos, etc.), uma ferramenta e uma metodologia para localização e avaliação preliminar de novas áreas para a construção de aterros sanitários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÖNISCH, S et al. Representação e propagação de incertezas em dados de solo. II – Atributos numéricos**. Revista Brasileira da Ciência do Solo**. n.28, p.33-47, 2004.

CÂMARA, Gilberto et al. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2.ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2004.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Aterro sanitário**. São Paulo: CETESB, 1997. 40p. (Apostilas Ambientais).

COSTA, Carlos et al. **Um SIG para a seleção de locais para aterros sanitários**. Sesimbra, Portugal: UNL, 2001. Disponível em: <http://www.igm.pt/departam/hidro/publicacoes/PDF/ aplic_sig_aterros_sanitarios.pdf> . Acesso em: dez. 2003.

GODOY, Manoel Carlos Toledo Franco. **Mapeamento geotécnico preliminar da região urbana de Presidente Prudente - SP**. 1989. 108p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

JARDIM, Niza Silva et al.(Coord.). **Lixo Municipal**: manual de gerenciamento integrado. 1.ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE, 1995. – (Publicação IPT 2163). 278p.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Org. téc. Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p. Disponível em <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2004.

MOTA, Suetonio. **Urbanização e meio ambiente**. 3 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 356p.

NUNES, João Osvaldo Rodrigues. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada a escolha de áreas para construção de aterro sanitário em Presidente Prudente - SP**. 2002. 209p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

SAATY, Thomas L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, North-Holland, v.48, p.9-26, 1990.

SAATY, Thomas L. Decision-making with the AHP: why is the principal eigenvector necessary. **European Journal of Operational Research**, North-Holland, v.145, p.85–91, 2003.